

# PEMANFAATAN *HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM)* DI INDONESIA DALAM MEMPREDIKSI KECELAKAAN PADA SEGMENT JALAN

**Muhamad Iqbal**

Department of Civil Engineering  
University of Indonesia, Jakarta  
Depok 16424 Indonesia  
bel.iqbal@gmail.com

**Tri Tjahjono**

Department of Civil Engineering  
University of Indonesia, Jakarta  
Depok 16424 Indonesia  
tjahjono@eng.ui.ac.id

**Alan Marino**

Department of Civil Engineering  
University of Indonesia, Jakarta  
Depok 16424 Indonesia  
alanmarino@eng.ui.ac.id

## Abstract

The aims of this study were to investigate the variables affecting the highway safety function and to evaluate the prediction of frequency and accident fatality by using HSM method in several roadway segments in Indonesia. The studied road segments were toll road segments such as Jakarta–Cikampek, Jakarta–Bogor–Ciawi (JAGORAWI), and Jakarta–Tangerang toll road. The estimation of frequency and the fatality of accidents were developed from the prediction models, from which a combination of Safety Performance Functions (SPFs) and Empirical Bayes method (EB). Based on the calculation, HSM method can be used to predicting accidents frequency in toll road segments with appropriate calibration factor ( $C$ ) for each toll road or with consolidated calibration factor about 1,95. That value represents the accident rates on toll road segment in Indonesia is twice as big as America roadway segment.

**Keywords:** HSM, SPFs, Calibration Factor, EB method, Toll Road

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui variabel-variabel yang berpengaruh terhadap fungsi kinerja keselamatan jalan raya dan melakukan evaluasi terhadap prediksi frekuensi dan fatalitas kecelakaan dengan metode *HSM* pada beberapa segmen jalan di Indonesia. Studi ini dilakukan terhadap segmen jalan tol, yaitu Jalan Tol Jakarta–Cikampek, Jakarta–Bogor–Ciawi (JAGORAWI), dan Jakarta–Tangerang. Estimasi frekuensi dan keparahan kecelakaan didapat dari model prediksi yang merupakan nilai dari fungsi kinerja keselamatan (SPFs) dan mengaplikasikan metode *Empirical Bayes (EB)*. Berdasarkan perhitungan, metode *HSM* dapat dimanfaatkan untuk memprediksi frekuensi kecelakaan pada segmen jalan tol dengan menggunakan faktor kalibrasi ( $C$ ) yang sesuai dengan lokasi jalan tol maupun nilai  $C$  gabungan yaitu 1,95. Nilai tersebut juga menyatakan bahwa tingkat kecelakaan di jalan tol di Indonesia masih dua kali lipat dibandingkan dengan yang terdapat di jalan yang terdapat di Amerika.

**Kata-kata Kunci:** HSM, SPFs, Faktor Kalibrasi, Metode EB, Jalan Tol

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor yang terus meningkat saat ini diprediksikan berimplikasi pada peningkatan angka kecelakaan di jalan. *Highway Safety Manual (HSM)* merupakan sebuah panduan tentang keselamatan jalan di Amerika yang menyediakan informasi dan metodologi di dalam mengukur, mengestimasi dan mengevaluasi kinerja jalan dalam bentuk frekuensi kecelakaan (jumlah kecelakaan per tahun) dan tingkat

keparahan kecelakaan (tingkat luka-luka akibat kecelakaan). Estimasi tersebut berdasarkan model prediksi yang merupakan nilai dari fungsi kinerja keselamatan atau *safety performance functions (SPFs)* dan metode *Empirical Bayes (EB)*.

Penelitian ini mencoba mengevaluasi penggunaan metode *HSM* jika diaplikasikan pada kondisi lalu lintas segmen jalan di Indonesia. Definisi segmen jalan yang dimaksud adalah bagian dari jalan yang menerus yang menyediakan pengoperasian lalu lintas dua arah dan tidak mengalami gangguan dari persimpangan dan memiliki kondisi geometrik yang homogen. Segmen jalan dapat dimulai dari pusat suatu simpang hingga pusat simpang lainnya maupun lokasi di mana telah terjadi perubahan kondisi geometrik.

Objek penelitian ini adalah beberapa segmen jalan tol, yaitu jalan tol Jakarta–Cikampek, Jakarta–Bogor–Ciawi (JAGORAWI), dan Jakarta–Tangerang. Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal yang terkait pada pembangunan model kinerja keselamatan yaitu: (1) model *HSM* yang digunakan hanya model untuk *rural multilane highways* di mana hanya tersedia untuk lajur dengan 4 lajur 2 arah, dan (2) hasil prediksi *HSM* hanya dibandingkan dengan data kecelakaan di lapangan dan dengan model prediksi kecelakaan lalu lintas yang pernah dibuat untuk jalan segmen jalan tol di Indonesia.

## AREA STUDI

Lokasi jalan tol yang menjadi objek studi adalah jalan tol yang memiliki standar geometrik dasar 4 lajur 2 arah. Jalan tol yang dipilih adalah tiga jalan tol di kawasan JABOTABEK. Pertama adalah jalan tol Jakarta-Cikampek dengan panjang 72 km, dengan kondisi dasar jalan tol ini adalah *dual-2* dan dilebarkan menjadi *dual-4* dan *dual-3* pada tahun 1997 pada sebagian segmen. Kedua adalah jalan tol Jakarta-Bogor-Ciawi (JAGORAWI), dengan kondisi dasar jalan tol ini adalah *dual-2* dan dilebarkan menjadi *dual-3* pada tahun 1996 pada sebagian segmen. Ketiga adalah jalan tol Jakarta-Tangerang, dengan kondisi dasar jalan tol ini adalah *dual-2* dan dilebarkan menjadi *dual-3* pada tahun 1997 pada sebagian segmen.

Pelebaran yang telah terjadi pada ketiga jalan tol tersebut hingga saat ini mengharuskan studi perbandingan ini menggunakan data tol historis. Data tol yang dipakai adalah data geometrik, lalu lintas dan kecelakaan pada tahun 1996-2000. Sebelumnya pada data historis ketiga tol tersebut telah dipilih posisi KM yang hanya merupakan segmen *freeway* dengan *dual-2* sebagai dasar perbandingan dengan *HSM* sehingga data di tahun yang telah mengalami penambahan lajur tidak dipakai. Pada jalan tol Jakarta-Cikampek, JAGORAWI dan Jakarta-Tangerang dibagi berturut-turut ke dalam 11, 9, dan 5 segmen dengan pembuatan segmen didasarkan pada karakteristik geometrik dan jumlah lalu lintas harian yang sama. Data geometrik, data kecelakaan dan data lalu lintas pada ketiga jalan tol tersebut yang berasal PT Jasa Marga tahun 2001.

### **Highway Safety Manual (HSM)**

*HSM* merupakan alat untuk pertimbangan kuantitatif terhadap keselamatan. Di dalam *HSM* terdapat prosedur analisis yang spesifik dengan mengintegrasikan keselamatan terhadap perencanaan jalan, desain, pengoperasian dan pemeliharaan berdasarkan frekuensi kecelakaan. *HSM* menggunakan metode prediksi untuk estimasi jangka panjang terhadap frekuensi kecelakaan rata-rata atau  $N_{\text{prediksi}}$  di suatu lokasi, fasilitas atau jaringan dalam periode yang ditentukan (dalam tahun).

Di dalam melakukan estimasi frekuensi kecelakaan dan keparahan kecelakaan, *HSM* menggunakan metode prediksi yang merupakan fungsi dari *safety performance functions* (SPFs) dan faktor modifikasi atau *crash modification factors* (CMFs) serta kalibrasi kecelakaan (C). *HSM* juga mengaplikasikan metode *Empirical Bayes* (EB) yang mengkombinasikan model prediksi terhadap frekuensi kecelakaan rata-rata atau  $N_{\text{prediksi}}$  dengan data pengamatan frekuensi kecelakaan dari lokasi yang spesifik atau  $N_{\text{aktual}}$ .

### **Safety Performance Functions (SPFs)**

*SPFs* untuk segmen jalan dipengaruhi oleh tiga variabel di dalam mengestimasi angka kecelakaan yaitu panjang segmen, volume lalu lintas dan koefisien regresi berdasarkan parameter kondisi lalu lintas di Amerika. Dalam *HSM*, parameter regresi dari *SPFs* ditentukan dengan mengasumsikan frekuensi kecelakaan menurut distribusi binomial negatif.

Langkah-langkah yang digunakan dalam perhitungan prediksi jumlah kecelakaan menggunakan *HSM* diuraikan pada bagian berikut. Kondisi dasar untuk membangun *SPFs* untuk segmen jalan pada segmen jalan empat lajur terbagi (4D) adalah sebagai berikut:

1. Lebar lajur = 12 feet atau 3,66 m
2. Lebar bahu = 6 feet atau 1,83 m
3. Lebar median = 30 feet atau 9,15 m
4. Penerangan = tanpa penerangan
5. *Speed Enforcement* = tidak ada

Prediksi frekuensi kecelakaan rata-rata untuk segmen jalan *rural multilane highways* ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$N_{spf} = e^{(a + b * \ln(AADT) + \ln(L))} \quad (1)$$

dengan:

$N_{spf}$  = jumlah kecelakaan pada segmen per tahun

AADT = lalu lintas harian rata-rata setahun pada segmen (kendaraan/hari)

L = panjang segmen jalan (mil)

a, b = koefisien regresi

Nilai dari parameter overdispersi (k) ditentukan oleh fungsi dari panjang segmen (L) dan koefisien regresi c dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$k = \frac{1}{e^{(c+\ln(L))}} \quad (2)$$

Koefisien *SPFs* yang dipakai pada persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Koefisien *SPFs* Untuk Fatal dan Luka Akibat Kecelakaan Pada 4D

Tingkat Keparahan	a	b	c
Total	-9,025	1,049	1,549
Fatal dan luka (F-L)	-8,837	0,958	1,687
Fatal dan luka* (F-L*)	-8,505	0,874	2,740

\*Kecelakaan dengan tidak memasukkan tingkat keparahan C

Jumlah frekuensi kecelakaan rata-rata ( $N_{prediksi}$ ) jika kondisi di lapangan memiliki perbedaan dari kondisi dasar ketika membangun *SPFs* adalah sebagai berikut:

$$N_{prediksi} = N_{spf} \times (CMF_{1x} \times CMF_{2x} \times \dots \times CMF_{yx}) \times C_x \quad (3)$$

dengan:

$N_{prediksi}$  = frekuensi kecelakaan rata-rata prediksi di suatu tahun pada segmen jalan x

$N_{spf}$  = frekuensi kecelakaan rata-rata prediksi berdasarkan kondisi dasar SPF yang dibangun untuk segmen jalan x

$CMF_{1x}$  = *crash modification factors* pada segmen jalan x akibat perbedaan lebar lajur terhadap kondisi dasar lebar lajur

$CMF_{2x}$  = *crash modification factors* pada segmen jalan x akibat perbedaan lebar dan tipe bahu terhadap kondisi dasar

$CMF_{yx}$  = *crash modification factors* pada segmen jalan x dengan kondisi geometrik atau kontrol lalu lintas y

$C_x$  = faktor kalibrasi untuk menyesuaikan SPF pada kondisi lokal di segmen jalan x

### ***Crash Modification Factors (CMFs)***

Faktor modifikasi kecelakaan (*CMFs*) merepresentasikan perubahan relatif di dalam frekuensi kecelakaan karena perbedaan pada kondisi dan karakteristik lokasi dari kondisi dasar. *CMFs* memungkinkan estimasi dari desain geometrik tertentu dan kontrol lalu lintas maupun penanganan yang efektif terhadap jumlah kecelakaan. *CMFs* digunakan untuk menghitung perbedaan antara kondisi dasar, yaitu lebar lajur, lebar bahu, lebar median, penerangan jalan, dan *speed enforcement* yang telah ditentukan terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Jika kondisi di lapangan sama dengan kondisi dasar maka CMF akan bernilai 1,00 sedangkan jika terjadi perbedaan maka nilai CMF akan lebih besar ataupun lebih kecil daripada 1,00 bergantung pada pengaruh kondisi tersebut terhadap jumlah kecelakaan.

### ***Calibration Factor (C)***

Pada prediksi frekuensi kecelakaan memungkinkan adanya perbedaan antara satu yurisdiksi dengan yang lainnya meliputi perbedaan kondisi iklim, populasi kendaraan, laporan kecelakaan, dan prosedur pelaporannya. Untuk mendapatkan hasil prediksi yang lebih akurat dapat digunakan faktor kalibrasi untuk setiap yurisdiksi atau kondisi lokal.

Nilai faktor kalibrasi didasarkan pada perbandingan total frekuensi kecelakaan,  $N_{\text{aktual}}$ , terhadap estimasi total frekuensi kecelakaan rata-rata,  $N_{\text{prediksi}}$  pada periode waktu yang sama. Nilai faktor kalibrasi ketika frekuensi kecelakaan observasi sama dengan prediksi adalah 1,00. Ketika frekuensi kecelakaan observasi lebih banyak daripada prediksi, faktor kalibrasi akan bernilai lebih dari 1,00.

### ***Metode Empirical Bayes (EB)***

Data pengamatan kecelakaan pada suatu lokasi juga perlu diperhitungkan karena sifat acak kecelakaan dengan frekuensi kecelakaan pada salah satu periode dapat saja menurun meskipun tanpa peningkatan tindakan keselamatan. Tujuan *EB* adalah bagaimana menggabungkan dua buah informasi tentang sebuah identitas yang sedang diamati yaitu data jumlah kecelakaan lalu lintas dan informasi perkiraan jumlah kecelakaan lalu lintas yang didapatkan sehingga meningkatkan presisi terhadap estimasi kecelakaan (Hauer, 2002).

Metode *EB* ini digunakan untuk menentukan estimasi jumlah kecelakaan ekspektasi atau  $N_{\text{ekspektasi}}$  dengan menggabungkan frekuensi kecelakaan aktual atau  $N_{\text{aktual}}$  dengan  $N_{\text{prediksi}}$ . Metode *EB* menggunakan faktor pembandingan  $w$  yang merupakan fungsi dari parameter overdispersi  $k$ . Nilai dari frekuensi kecelakaan ekspektasi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$w = \frac{1}{1+k (\sum_{\text{seluruh tahun studi}} N_{\text{prediksi}})} \quad (4)$$

Nilai estimasi jumlah kecelakaan ekspektasi atau  $N_{\text{ekspektasi}}$  dari segmen jalan dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$N_{\text{ekspektasi}} = w \times N_{\text{prediksi}} + (1 - w) \times N_{\text{aktual}} \quad (5)$$

### **Model Prediksi Kecelakaan untuk Jalan Tol di Indonesia**

Evaluasi terhadap kinerja keselamatan jalan tol yang pernah dilakukan terhadap segmen jalan tol adalah pembuatan model kecelakaan berdasarkan volume lalu lintas dan panjang segmen yang dilakukan Tjahjono pada tahun 2007. Metode yang dikembangkan untuk evaluasi tersebut berdasarkan kombinasi regresi dan *empirical bayes*. Model yang dipakai untuk membangun *SPFs* adalah model regresi binomial negatif. Hasil permodelan untuk segmen jalan tol 4 lajur-2 arah di Indonesia pada penelitian yang dilakukan Tjahjono adalah sebagai berikut:

$$ACC = SVA + MVA$$

$$ACC = (5,2226 FLO^{-0,4377} LEN^{0,1740}) + (98,1994 FLO^{2,3100} LEN^{0,1638}) \quad (6)$$

dengan:

ACC = Frekuensi kecelakaan

SVA = Frekuensi kecelakaan tunggal

MVA = Frekuensi kecelakaan ganda

FLO = Volume lalu lintas harian rata-rata dalam setahun (dalam ratus ribuan)

LEN = Panjang segmen

Metode *empirical bayes* digunakan menggunakan faktor pembanding yang nilainya adalah  $0 \leq \text{Weight} \leq 1$ . Dengan menggunakan parameter overdispersi, faktor pembanding ditentukan sebagai berikut:

$$w = \frac{1}{1 + \mu / \theta} \quad (7)$$

dengan:  $\theta$  adalah parameter overdispersi per satuan panjang dan  $\mu$  adalah jumlah kecelakaan prediksi pada suatu lokasi tertentu dalam tahun ke  $n$ .

Selanjutnya, faktor pembanding  $w$  digunakan untuk menentukan estimasi jumlah kecelakaan seperti berikut:

$$\text{Estimate} = w \times \mu + (1 - w) \times \text{jumlah laka pengamatan} \quad (8)$$

## HASIL DAN ANALISIS

Ketika metode *HSM* diaplikasikan pada kondisi lalu lintas segmen jalan Tol di Indonesia maka diperlukan faktor kalibrasi yang sesuai sebagai perbandingan terhadap kondisi dasar *rural multilane highways* pada *HSM*. Faktor kalibrasi dicari berdasarkan hasil prediksi awal mengikuti persamaan (3) yang tidak menyertakan faktor kalibrasi ( $C_x=1$ ). Perhitungan jumlah kecelakaan prediksi ( $N_{\text{prediksi}}$ ) awal mengacu pada *SPFs* dan faktor modifikasi kecelakaan (*CMFs*) yang telah dihitung sebelumnya untuk kondisi yang spesifik di setiap segmen dari ketiga jalan tol tersebut. Jumlah kecelakaan prediksi dikelompokkan menjadi F-L yaitu kecelakaan fatal dan *property damage only (PDO)* yaitu jumlah kecelakaan hanya kerusakan properti.

Selanjutnya memasukkan faktor kalibrasi yang diperoleh ke dalam perhitungan  $N_{\text{prediksi}}$  dan  $N_{\text{ekspektasi}}$  dengan mengaplikasikan metode *Empirical Bayes*. Hasil perhitungan  $N_{\text{ekspektasi}}$  kemudian dibandingkan dengan prediksi Model Tol yang ada dan data aktual berdasarkan jenis kecelakaan tunggal dan kecelakaan ganda. *HSM* telah membagi proporsi terhadap jenis kecelakaan tunggal dan kecelakaan ganda, yaitu sebesar 76,8% dan 23,2%.

### 1. Jalan Tol Jakarta-Cikampek

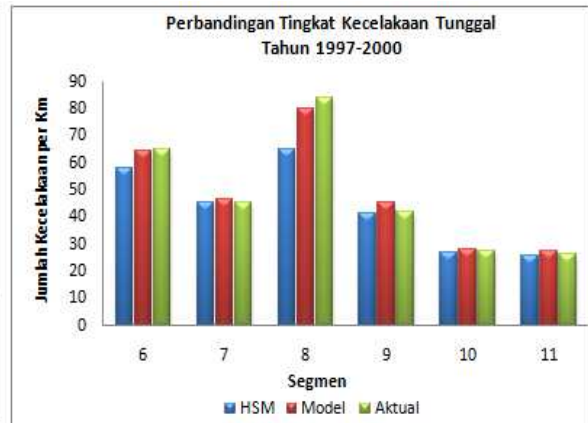
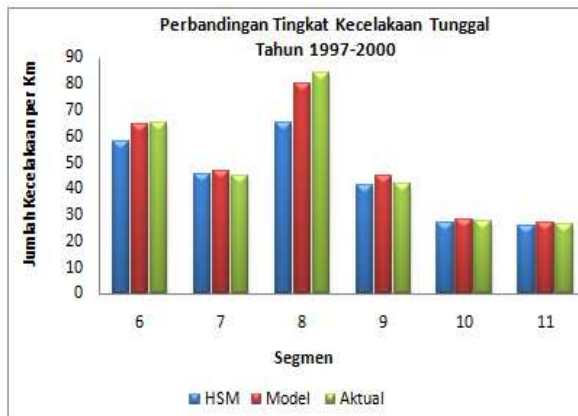
Nilai faktor kalibrasi = 2,436

**Tabel 2** Tingkat Kecelakaan Jalan Tol Jakarta-Cikampek 1997-2000

Segmen	Pos KM	N ekspektasi			N aktual			Deviasi (Total)	
		Total	F-L	PDO	Total	F-L	PDO	Absolut	Relatif
6	Km 32-34	75	36	39	83	41	42	8	9,64%
7	Km 35-43	59	27	32	59	31	28	0	0,00%
8	Km 44-45	85	41	43	94	43	51	9	9,57%
9	Km 46-52	54	28	26	55	32	24	1	1,82%
10	Km 54-65	35	18	18	35	19	16	0	0,00%
11	Km 66-72	33	17	16	33	18	15	0	0,00%
Rata-rata								3,51%	

**Tabel 3** Perbandingan Tingkat Kecelakaan Jalan Berdasarkan Tipe Laka pada Jalan Tol Jakarta-Cikampek

Segmen	HSM			Model Tol			Aktual		
	Total	Tunggal	Ganda	Total	Tunggal	Ganda	Total	Tunggal	Ganda
6	75	58	17	84	65	19	83	65	18
7	59	45	14	62	47	15	59	45	14
8	85	65	20	97	80	17	94	84	10
9	54	41	12	58	45	13	55	42	14
10	35	27	8	36	28	8	35	28	7
11	33	26	8	35	27	8	33	27	6
<b>Jumlah</b>	342	262	79	372	292	80	358	290	68
<b>Persentase</b>		76,8%	23,2%		78,4%	21,6%		80,9%	19,1%

**Gambar 1** Grafik Tingkat Kecelakaan Jalan Tol Jakarta-Cikampek

## 2. Jalan Tol JAGORAWI

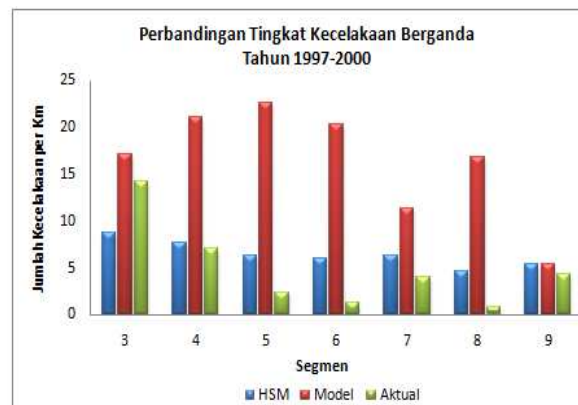
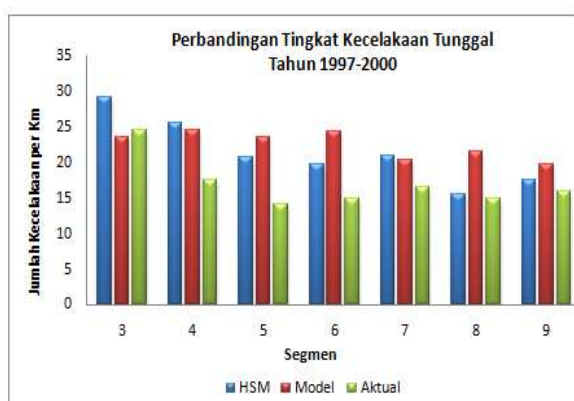
Nilai faktor kalibrasi = 1,004

**Tabel 4** Tingkat Kecelakaan Jalan Tol Jakarta-Tangerang Tahun 1997

Segmen	Pos KM	N ekspektasi			N aktual			Deviasi (Total)	
		Total	F-L	PDO	Total	F-L	PDO	Absolut	Relatif
1	KM 5-7	25	18	7	27	24	4	2	7,41%
2	KM 9-10	31	21	11	20	18	2	-11	55,00%
3	KM 10-19	25	18	7	28	22	6	3	10,71%
4	KM 21-22	32	22	11	25	21	4	-7	28,00%
5	KM 23-27	22	16	6	21	18	3	-1	4,76%
								Rata-rata	21,18%

**Tabel 5** Perbandingan Tingkat Kecelakaan Jalan Berdasarkan Tipe Laka pada Jalan Tol JAGORAWI

Segmen	HSM			Model Tol			Aktual		
	Total	Tunggal	Ganda	Total	Tunggal	Ganda	Total	Tunggal	Ganda
3	38	29	9	41	23	17	39	25	14
4	33	25	8	46	25	21	32	18	14
5	27	21	6	46	24	23	26	14	12
6	26	20	6	45	24	20	23	15	8
7	27	21	6	32	20	11	24	17	7
8	20	15	5	38	21	17	21	15	6
9	23	18	5	25	20	5	24	16	8
<b>Jumlah</b>	194	149	45	272	157	115	188	119	69
<b>Persentase</b>		76,8%	23,2%		57,8%	42,2%		63,2%	36,8%

**Gambar 2** Grafik Tingkat Kecelakaan Jalan Tol JAGORAWI

### 3. Jalan Tol Jakarta-Tangerang

Nilai faktor kalibrasi = 2,621

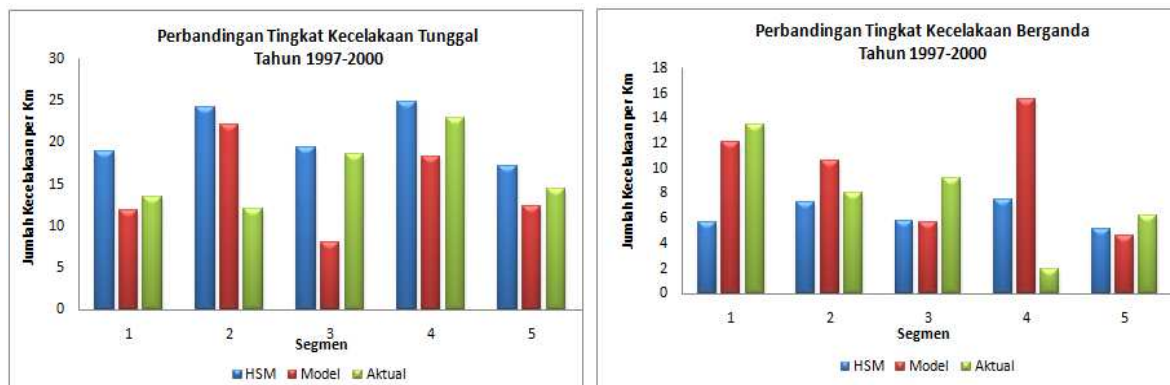


**Tabel 6** Tingkat Kecelakaan Jalan Tol Jakarta-Tangerang Tahun 1997

Segmen	Pos KM	N ekspektasi			N aktual			Deviasi (Total)	
		Total	F-L	PDO	Total	F-L	PDO	Absolut	Relatif
1	KM 5-7	25	18	7	27	24	4	2	7,41%
2	KM 9-10	31	21	11	20	18	2	-11	55,00%
3	KM 10-19	25	18	7	28	22	6	3	10,71%
4	KM 21-22	32	22	11	25	21	4	-7	28,00%
5	KM 23-27	22	16	6	21	18	3	-1	4,76%
								Rata-rata	21,18%

**Tabel 7** Perbandingan Tingkat Laka Jalan Berdasarkan Tipe Laka pada Jalan Tol Jakarta-Tangerang

Segmen	HSM			Model Tol			Aktual		
	Total	Tunggal	Ganda	Total	Tunggal	Ganda	Total	Tunggal	Ganda
1	25	19	6	24	12	12	27	14	14
2	31	24	7	33	22	11	20	12	8
3	25	19	6	14	8	6	28	19	9
4	32	25	8	34	18	16	25	23	2
5	22	17	5	17	12	5	21	15	6
<b>Jumlah</b>	136	105	32	121	73	48	121	82	39
<b>Persentase</b>		76,8%	23,2%		60,0%	40,0%		67,7%	32,3%

**Gambar 3** Grafik Tingkat Kecelakaan Jalan Tol Jakarta-Tangerang

Berdasarkan analisis varians satu faktor dengan tingkat kepercayaan 95% antara HSM terhadap Model Tol dan HSM terhadap data aktual,  $H_0$  diterima dan menolak  $H_a$  yang menyatakan bahwa tidak ada keragaman *mean* antara kecelakaan *HSM* dengan model tol dan *HSM* dengan aktual. Hasil uji *anova* memperlihatkan analisis yang berbeda untuk kedua tipe kecelakaan tersebut. Pada perbandingan tingkat kecelakaan berganda terdapat perbedaan *mean* terhadap prediksi *HSM* dan Model Tol. Hasil uji *anova* menyatakan

bahwa tidak ada keragaman *mean* antara kecelakaan *HSM* dengan model tol dan *HSM* dengan aktual.

## KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur dan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Fungsi kinerja keselamatan atau *safety performance functions* (SPFs) diperoleh dari data kecelakaan yang memiliki kesetaraan pada entitas yang diamati. *Highway Safety Manual* (HSM), telah mendefinisikan kondisi dasar untuk segmen jalan dalam membangun SPFs yaitu berdasarkan lebar jalan, lebar, dan tipe bahu jalan dan lebar median dengan panjang segmen satu jalan tetap dan besarnya volume lalu lintas.
2. Hasil penggunaan metode HSM dalam memprediksi kecelakaan pada segmen jalan di Indonesia adalah sebagai berikut:
  - a. Nilai faktor kalibrasi (C) tol Jakarta-Cikampek, JAGORAWI, dan Jakarta-Tangerang berturut-turut adalah 2,436; 1,004; dan 2,621 dengan nilai C gabungan adalah 1,95. Hal tersebut menjelaskan bahwa tingkat kecelakaan di jalan tol Indonesia masih dua kali lipat dibandingkan dengan kondisi jalan di Amerika.
  - b. Metode HSM dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kecelakaan pada segmen jalan tol dengan menggunakan faktor kalibrasi (C) yang sesuai dengan lokasi jalan tol maupun nilai C gabungan yaitu 1,95 untuk jalan tol secara umum serta mengaplikasikan Metode *Empirical Bayes*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Tjahjono, T dan Subagio, I. 2011. *Analisis Keselamatan Jalan*. Bandung: Lubuk Agung Bandung.
- Tjahjono, T., Tangkudung, E. S. W., dan Cariawan, U. 2001. *Development of Macroscopic Traffic Accident Models on Indonesian Tol Road*. Proc of Eastern Asia society for Transportation Studies (EASTS), 3 (3): 108-117. Hanoi: Vietnam.
- Transportation Research Board. 2010. *Highway Safety Manual*. Transportation Research Board, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.